

Серія «Технічні науки»
Випуск 1(77) 2017 р.

ГІДРОТЕХНІЧНІ МЕЛІОРАЦІЇ

УДК 631.674.6:504.53.062.4

Кір'янов В. М., д.т.н., професор (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ГІДРОІНФОРМАТИКА: НАУКА ТА ОСВІТА

Розглядаються питання науково-освітнього напрямку «гідроінформатика»; надається аналіз назви та змісту терміну «гідроінформатика», історія та причини його виникнення, окремі результати запровадження у водогосподарській галузі; викладається власне бачення реалізації напрямку «гідроінформатика».

Ключові слова: гідроінформатика, гідродинаміка, математичне моделювання, інформаційні технології, водне господарство.

Напрямок під назвою «гідроінформатика» був започаткований в Європі на початку 90-х років минулого століття. Термін «гідроінформатика» був введений професором Abbott M. B. в 1991 році як свідчення інтеграції обчислювальної гідравліки і штучного інтелекту. При цьому під обчислювальною гідравлікою розуміється злиття числових методів прикладної математики, гідродинаміки і гідравліки. На цих засадах це означало, що чисельне моделювання інтегроване з штучним інтелектом в окремий інструментарій [1].

Цей напрям спрямований на вдосконалення моделювання природних процесів з метою підвищення ефективності прийняття інженерних та управлінських рішень у водному господарстві з застосуванням інформаційних (інформаційно-комунікаційних) технологій. Тобто математичні моделі та інформаційні технології виступають як єдиний інструментарій для прийняття рішень, охоплюючи питання інженерної, екологічної, економічної та соціальної сфери.

Екосистеми в первісному стані були стійкими, саморегулюючими, структура їх складалася століттями. Вирішуючи свої проблеми людина почала втручатись в процеси «природи» за рахунок підвищення їх організованості, що спричинила втрату стійкості біосферних процесів. Такі антропогенні системи вже не здатні самостійно виходити на стаціонарний режим існування без управляючої діяльності людини. Тобто еволюція діяльності людини при вирішенні різних своїх завдань без достатньо глибокого вивчення впливу цієї діяльно-



сті на біосферні процеси створює проблеми, які стають все більш і більш складними у їх вирішенні [2; 5]. На початковому етапі людина не мала потужного інструментарію для вивчення таких процесів і обмежувалась лише практичним досвідом, вирішуючи проблеми методом «проб і помилок». Негативні результати не заставили себе довго чекати. У водогосподарській галузі – це заболочування та засолення ґрунтів, нераціональне використання водних ресурсів тощо. Для запобігання негативних наслідків такої діяльності виникає необхідність глибшого розуміння взаємозв'язку процесів, які відбуваються в природному оточуючому середовищі під впливом тих чи інших інженерних та управлінських рішень.

З появою такого потужного інструментарію, як математичне моделювання, електронно-обчислювальна техніка, з'явилися умови підвищення ефективності прийняття інженерних та управлінських рішень людиною з урахуванням їх впливу на природне середовище, зокрема це стосується водогосподарської галузі.

В процесі управління водними ресурсами, здійсненні природоохоронних заходів для сталого розвитку суспільства доводиться постійно стикатись на даний час (і у майбутньому) з серйозними проблемами, які характерні для постіндустріальної економіки. Це вимагає нових підходів до управління такими складними системами, якими є водогосподарські системи. Особливістю такого управління є уникнення, якщо це можливо, або, принаймні, зведення до мінімуму ризиків криз у водопостачанні, в нестачі води для зрошення, у ліквідації наслідків повені і т.д. Цими обставинами і викликана потреба у напрямі під назвою «гідроінформатика».

Гідроінформатика об'єднує широкий спектр інструментів, заснованих на інформаційних технологіях для розуміння і пояснення процесів, що відбуваються у водному середовищі, розуміння наслідків рішень (можливих рішень) інженерів як самими інженерами, так і суспільством.

Слід зазначити, що зміст напрямку «гідроінформатика» змінюється, враховуючи особливості певного етапу розвитку суспільства. Остаточного, чітко встановленого поняття та змісту цього терміну немає, що говорить про відносно новий напрям, який потребує свого вдосконалення і дозволяє долучитись до цього процесу різним науковим та освітянським закладам, зокрема це стосується і Національного університету водного господарства та природокористування.

На даний час термін «гідроінформатика» використовується в різних аспектах: як дисципліна, як магістерська підготовка (інжене-

рна та наукова), як науковий напрям. При цьому складова цього терміну – «інформатика» – тлумачиться у нас по-різному і, у більшості випадків, як дисципліна роботи з комп'ютером, що не повністю розкриває суть цього терміну (створюються певні стереотипи).

Інформатика (англ. *Computer Science*, нім. *Informatik*) – наукова дисципліна, що вивчає методи та процеси створення, перетворення, зберігання, передачі інформації та використання її в різних галузях людської діяльності [6]. Саме в такому аспекті і слід розглядати як термін «інформатика», так і термін «гідроінформатика».

В науковому аспекті слід проводити дослідження з розробкою нових та уточненням існуючих математичних моделей гідродинаміки, в створенні інформаційних технологій для проведення процесів моделювання, прийняття інженерних та управлінських рішень, комунікації в суспільстві.

В освітньому аспекті слід здійснювати підготовку відповідних фахівців для вирішення цих завдань. При цьому слід чітко усвідомити, для якої діяльності слід готувати фахівців з гідроінформатики, якими компетенціями він повинен володіти, яким чином його готувати.

В напрямі «гідроінформатика» особливо прослідковується щільний зв'язок освіти і науки, тому це питання повинно вирішуватись в двох аспектах: науковому та освітньому. Розглянемо напрям з цих аспектів.

Науковий аспект. Особливості процесів потоку води і пов'язаних з ним біосферних процесів полягають в тому, що ці процеси носять явно нелінійний характер, що ускладнює застосування емпіричних залежностей, які отримані для певних умов. Прогнозувати «поведінку» таких систем, стани водних об'єктів, передбачити наслідки дій «людини», до яких вони можуть привести в природному середовищі, дуже важко. Це і вимагає широкого застосування моделей гідродинаміки, які у своїй більшості описуються диференціальними рівняннями в частинних похідних, а це, в свою чергу, вимагає використання електронно-обчислювальної техніки.

Сама по собі розробка математичних моделей, які описуються водні і пов'язані з ними інші біосферні процеси, не є остаточним результатом для гідроінформатики, а лише першим кроком, який створює умови для прийняття ефективних інженерних та управлінських рішень у водогосподарській галузі. Розробка таких моделей повинна бути спрямована саме на перспективу використання їх для прийняття інженерних та управлінських рішень. Такі моделі дозволяють сут-



тево розширити спектр рішень, що приймаються для управління водними ресурсами та біосферними процесами, переглянути і перейти на нові, принципово нові схеми управління у водній галузі. Використання електронно-обчислювальної техніки не обмежується можливістю розв'язувати математичні рівняння в частинних похідних чисельними методами, моделювати окремі процеси, але і застосувати її для моделювання потоків інформації в найрізноманітніших тлумаченнях для остаточного прийняття рішень в сферах інженерії, в соціальному, економічному, екологічному та інших напрямках.

На даний час гідроінформатика спрямована на вирішення питань прогнозу та запобігання затоплення територій, управлінню водними ресурсами, питанням гідравліки та гідрології, хоча обмежень у первісному змісті цього терміну немає. Можливості цього інструментарію значно більші і про це свідчать результати наукових досліджень.

В 80-90-х роках минулого століття автором [2; 3; 4] вирішувалась задача оцінки та оптимізації надійності функціонування гідромеліоративних систем як складних організаційно-технологічних комплексів, які діють в умовах впливу на них великої кількості збурюючих факторів, для яких однією з складових є підсистема управління з характерними для неї функціями. Надійність таких систем визначалась, як спроможність виконувати свої основні функції і, в першу чергу, в формуванні сприятливого для сільськогосподарських культур водно-повітряного режиму ґрунту, який описується рівняннями фільтрації води, зокрема – рівнянням вологопереносу (явно нелінійного характеру).

Застосування традиційних підходів, методів загальної теорії надійності технічних систем не дозволяло зрозуміти та оцінити процеси, які відбуваються в таких водогосподарських системах під регулюючою дією людини, з необхідною деталізацією. Поняття «відмови» системи, її станів тощо вимагало застосування такого інструментарію як гідроінформатика, якого на той час під такою назвою не існувало.

Для вивчення питань надійності зрошувальних систем з використанням моделей гідродинаміки були створені імітаційні моделі функціонування гідромеліоративної системи (на прикладі зрошувальної системи), які реалізовувались на ПЕОМ (які тільки почали широко використовуватись в Радянському Союзі). Цей інструментарій в такому випадку виявився незамінним. Без таких моделей процес оцінки і, особливо, оптимізації таких систем практично неможливий або стає дуже наближеним. Це створило умови для формування стратегії

управління такими системами в умовах великої кількості збурюючих факторів на засадах теорії надійності. Застосування математичних моделей гідродинаміки з використанням комп'ютерної техніки суттєво розширює спектр вирішення питань і проблем управління в сфері водного господарства.

Стосовно підготовки фахівців з метою широкого застосування математико-комп'ютерного інструментарію гідроінформатики, то на даний час провідним у світі в цьому напрямку є Інститут водної освіти ЮНЕСКО в місті Delft (Нідерланди), в якому впроваджені програми підготовки з 17 спеціалізацій, програми для аспірантів при підготовці дисертацій рівня PhD [7].

В 2004 році створений консорціум EuroAqua+ в рамках Erasmus Mundus, створена європейська 2-х річна спільна програма підготовки магістрів за спеціальністю: «Гідроінформатика і управління водними ресурсами». Цей курс дає ґрунтовну підготовку в галузі гідрології, гідравліки і сучасних інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) в контексті управління водними ресурсами, готує до кар'єри гідроінформатика у водному секторі [8].

До складу EuroAqua+ входять: Університет Ніцци (University of Nice - Sophia Antipolis (UNS, France)), Технічний університет Каталонії (Technical University of Catalonia (UPC, Spain)), Бранденбурзький технічний університет (Brandenburg University of Technology at Cottbus (BTUC, Germany)), Університет Ньюкасла (Newcastle University (NU, United Kingdom)), Варшавський технологічний університет (Warsaw University of Technology (WUT, Poland)).

Аналіз програм підготовки фахівців з гідроінформатики показує, що підготовка зорієнтована більше на науковий рівень підготовки фахівців, які мають вже вищу освіту з питань водного господарства. Для традиційних Європейських університетів водогосподарського профілю характерна і базова підготовка фахівців з гідроінформатики протягом 5-6 років. Навчальні плани, форми проведення занять для таких напрямів навчання будуть різними. Будуть і різними компетенції, якими повинні володіти фахівці. При цьому виникають питання: чи достатнім буде рівень підготовки фахівців для самостійної розробки математичного та програмного забезпечення при створенні гідроінформаційних систем; чи зможуть вони замінити математика та фахівця з інформаційних технологій; в якому обсязі фахівець повинен володіти водогосподарськими знаннями (подати в одній магістерській програмі достатні знання та навички з математичного моделювання, інформаційних технологій та водогосподарських питань



дуже важко)?

У такому аспекті висловимо своє бачення підготовки гідроінформатика лише в концептуальному аспекті, враховуючи обмежений обсяг публікації.

Виходячи з базових понять терміну «гідроінформатика» та власного бачення, в основу цього напрямку покладаються такі потужні засоби прийняття інженерних та управлінських рішень, як математичне моделювання та інформаційні технології. Саме ці засоби дозволяють перейти на більш високий рівень прийняття рішень, перейти на принципово новий рівень, нові технології і методи прийняття рішень. Враховуючи, що можливості математичного моделювання, електронно-обчислювальної техніки, програмного забезпечення постійно зростають, відповідно і постійно зростає можливість підвищення ефективності прийняття інженерних та управлінських рішень на їх основі. І це слід враховувати при формуванні навчальних програм, формуванні переліку компетенцій, якими повинен володіти фахівець.

Проблема полягає в тому, що спеціалісти з водогосподарського профілю не володіють достатнім рівнем знань з питань математичного моделювання та інформаційних технологій, що вимагає залучення до вирішення водогосподарських питань фахівців з математики та комп'ютерної справи, які в свою чергу не розуміють тонкощів водогосподарської галузі. Утворюється замкнуте коло. Для розірвання цього замкнутого кола і потрібні магістри, які дозволяють поєднати ці можливості фахівця-водогосподарника.

Кого ж готує ця спеціалізація? Якими компетенціями повинен володіти цей фахівець?

Слід розділити підготовку фахівця з гідроінформатики умовно на дві форми: науковий та інженерний.

В першому випадку підготовка магістра здійснюється на базі вже отриманої водогосподарської освіти. Такому магістранту вже не потрібно розтлумачувати всі тонкощі водогосподарської галузі. Це дає можливість зосередитись на створенні математико-комп'ютерного інструментарію і використання його в галузі. Чи вдасться озброїти такого фахівця достатньою математичною та комп'ютерною підготовкою? Чи замінить він математика та фахівця з інформаційних технологій? Чи доцільна така заміна? Це окреме питання та окрема проблема.

В другому випадку (інженерний напрям) підготовка гідроінформатика здійснюється протягом усього 5-6-річного періоду навчання – «з нуля». На скільки вдасться озброїти такого фахівця знаннями,

особливо у водогосподарській галузі, та достатньою математичною і комп'ютерною підготовкою? Проте, це окреме питання та окрема проблема.

Розглянемо інженерний напрям, за яким починається формуватись підготовка фахівців в нашому університеті.

При підготовці гідроінформатика до компетенцій, якими повинен володіти сучасний фахівець з водного господарства, додаються компетенції з питань математичного моделювання та інформаційних технологій. При цьому він повинен не просто вміти застосувати ті чи інші засоби, але і розуміти їх особливості, вміти обрати найбільш доцільні в тих чи інших умовах.

Магістр повинен знати сучасний математичний апарат, який використовується для створення математичних моделей, і способи його застосування; існуючі математичні моделі для вирішення завдань водогосподарської галузі, їх позитивні і негативні сторони, способи їх використання; сучасне універсальне і спеціальне програмне забезпечення, яке може використовуватись для потреб водогосподарської галузі; сучасні вимоги до інформаційних технологій; сучасні інформаційні технології для водного господарства.

Магістр повинен вміти складати математичну модель на змістовному та концептуальному рівнях; розробляти нескладні математичні моделі; використовувати існуючі математичні моделі для потреб водогосподарської галузі; використовувати програмне забезпечення для розробки нескладних інформаційних технологій для водогосподарської галузі; використовувати сучасні інформаційні технології для потреб водогосподарської галузі.

В першу чергу, стосовно математичних моделей та інформаційних технологій, фахівець з гідроінформатики повинен бути користувачем існуючих продуктів, а також розробником нескладних продуктів, застосовуючи ті знання, які він отримує в процесі навчання. Він повинен знати вимоги, які повинні бути пред'явлені до математичних моделей та інформаційних технологій. Він повинен виступати, поперше, як аналітик при розробці зазначених продуктів (виставляти вимоги до них розробнику), а вже потім – як розробник в межах отриманих знань і вмінь.

Якщо стисло, то фахівці з гідроінформатики це ті ж водогосподарники, але такі, які в основу своєї діяльності покладають найбільш сучасний інструментарій прийняття рішень – математичне моделювання та інформаційні технології (спільно, в комплексі). Тобто такий фахівець повинен знати питання водного господарства а також –



можливості застосування математичного моделювання та інформаційних технологій у водогосподарській галузі і використовувати їх для прийняття інженерних рішень на більш високому рівні. Після такої підготовки фахівець з гідроінформатики повинен бути спроможний і надалі ефективно підвищувати свій потенціал в напрямках математичного моделювання та інформаційно-комп'ютерних технологій, отримуючи магістерські дипломи або сертифікати у цьому напрямку.

Кафедра водогосподарського будівництва ще у 90-ї роки минулого століття відкрила на спеціальності «Гідромеліорація» спеціалізацію «Комп'ютерні технології у водному господарстві», яка була прообразом спеціалізації «Гідроінформатика». В той же час така ж практика на кафедрі водогосподарського будівництва була і з питань виконання оригінальних дипломних проектів з розробки математичних моделей та комп'ютерних технологій для водогосподарської галузі (магістерських робіт ще не було). Такі дипломні проекти стали прообразом магістерських робіт на спеціалізації «Комп'ютерні технології у водному господарстві» і можуть стати прообразом магістерських робіт з гідроінформатики.

На даний час на кафедрі водогосподарського будівництва та експлуатації гідромеліоративних систем запроваджена і викладається навчальна дисципліна «Гідроінформатика» для магістрантів спеціалізацій «Водогосподарське та природоохоронне будівництво», «Рациональне використання та охорона водних ресурсів». Сприйняття студентами цієї дисципліни позитивне.

Не просте питання виникає при створенні базової, випускової кафедри з гідроінформатики. Які дисципліни повинні на ній викладатись, з яких фахівців вона повинна складатись? І ще безліч питань, на які слід знайти відповіді. Єдине, на що слід звернути увагу з самого початку, є те, що, на нашу думку, гідроінформатик це водогосподарник, який озброєний потужним математико-комп'ютерним інструментарієм для вирішення завдань водогосподарської галузі в сучасних умовах. Відповідно формуватись як викладач, так і студент повинні на кафедрі, яка здатна продукувати, в першу чергу, ідеї водогосподарської галузі в усій її складності, шляхи вирішення проблем.

Великі сподівання на впровадження в освітнянський простір Національного університету водного господарства та природокористування напряму «Гідроінформатика» не безпідставні. Однак при недостатньо продуманій, непослідовній, неефективній реалізації цього

зادуму такі сподівання можуть бути не досягнуті у найближчій перспективі і можуть лише нашкодити цьому процесу. Такий сценарій може привести до втрати віри як науково-педагогічних працівників в доцільності підготовки таких фахівців, так, і це особливо небезпечно, студентів, – втрати віри в їх спроможність конкурувати на ринку праці не лише в Україні, але і в Європі, у Світі. Лише зважені, продумані дії можуть принести успіх. Потрібна серйозна програма з започаткування та розвитку напряму з гідроінформатики.

1. Abbott M. B. 1991 Hydroinformatics: Information Technology and the Aquatic Environment. Ashgate, Aldershot, UK, and Brookfield, USA. 2. Кір'янов В. М. Надійність гідромеліоративної системи. Теоретичні та практичні аспекти : монографія. – Рівне : РДТУ, 2001. – 248 с. 3. Кирьянов В. Н. Теоретические основы оценки и оптимизации надежности функционирования гидромелиоративной системы (на примере водоподводящей части в условиях юга Украины) : автореферат дис. докт. техн. наук / Кирьянов В. Н. – М. : МГМИ, 1993. – 49 с. 4. Kiryanov V. Simulation stochastic model of functioning of land reclamation systems. International data base of irrigation and drainage research. Cemagref-France, 1996. 5. Моисеев Н. Н. Экология человечества глазами математика / Н. Н. Моисеев. – М. : Молодая гвардия, 1988. – 254 с. 6. Цимбалюк В. С. Інформаційне право: концептуальні положення до кодифікації інформаційного законодавства : монографія / В. С. Цимбалюк. – К. : Освіта України, 2011. – 426 с. 7. Домашня сторінка Інституту водної освіти ЮНЕСКО в місті Delft Нідерланди. URL: <https://www.un-ihe.org/> (дата звернення 09.05.2017). 8. Домашня сторінка консорціуму EuroAqua+. URL: <http://master.euroaquae.eu/> (дата звернення 09.05.2017).

Рецензент: д.т.н., професор Ткачук М. М. (НУВГП)

Kiryanov V. M., Doctor of Engineering, Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

HYDROINFORMATICS: SCIENCE AND EDUCATION

The questions of scientific and educational direction «Hydroinformatics», analysis of the names and content of the term hydroinformatics, history and its root causes, some results of the introduction of the water management area; own vision of «Hydroinformatics» direction implement.

Keywords: hydroinformatics, hydrodynamics, mathematical modeling, information technology, water management.



Кириянов В. Н., д.т.н., профессор (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

ГИДРОИНФОРМАТИКА: НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ

Рассматриваются вопросы научно-образовательного направления «Гидроинформатика»; предоставлен анализ названия и содержания термина «гидроинформатика», история и причины его возникновения, отдельные результаты внедрения в водохозяйственной отрасли; излагается личное мнение реализации направления «Гидроинформатика».

***Ключевые слова:* гидроинформатика, гидродинамика, математическое моделирование, информационные технологии, водное хозяйство.**
